

источника и последующем анализе характеристического излучения возбужденных атомов с помощью специальной радиометрической аппаратуры. Абсорбционный анализ основан на резком изменении коэффициента фотоэлектрического поглощения при просвечивании пробы пучками фотонов с энергиями близкими, но расположенными по разные стороны от K - или L -края поглощения определяемого элемента. В докладе А. Л. Якубовича о состоянии и перспективах развития рентгенорадиометрического метода анализа были подчеркнуты достоинства метода: его большая универсальность (метод рассчитан на определение широкого круга элементов — от легких породообразующих элементов до элементов конца таблицы Менделеева), большая экспрессность (длительность анализа в зависимости от применяемой методики лежит в пределах 1—20 мин), достаточная точность (не уступающая точности рядовых химических определений), простота проведения анализа, полная безопасность для обслуживающего персонала с точки зрения влияния ионизирующих излучений при работе в условиях неспециально оборудованных лабораторий, компактность и экономичность анализирующей аппаратуры. Метод может служить надежной основой для автоматизации контроля технологических процессов и управления ими на предприятиях горнорудной, металлургической, химической промышленности и других отраслей народного хозяйства. Несомненны перспективы применения метода при космических исследованиях

для изучения элементного состава планет, и в частности Луны, где наличие вакуума создает идеальные условия для определения рентгенорадиометрическим методом даже самых легких элементов.

В настоящее время рентгенорадиометрический метод широко применяется при поисково-разведочных работах для экспрессных определений таких элементов, как олово, ниобий, тантал, вольфрам, молибден, титан, железо и многие другие, с чувствительностью $n \cdot 10^{-1}$ — $n \cdot 10^{-3}\%$ (верхний предел содержания не ограничен). Этот метод находит применение и для ускоренной оценки содержания некоторых элементов в рудах и продуктах их переработки без отбора проб, а также при каротаже скважин.

Расширить возможности метода позволяет переход в анализирующей аппаратуре к полупроводниковым детекторам для регистрации характеристического излучения близких по атомным номерам элементов. Обсуждению возможностей усовершенствования рентгенорадиометрического метода и аппаратуры и примерам его применения для решения конкретных аналитических задач были посвящены доклады С. М. Пржиялговского, Г. В. Остроумова, И. А. Роциной, В. И. Смирнова, Е. И. Зайцева и др.

В докладах и дискуссии на заседаниях секции были подведены итоги и намечены перспективы дальнейшего развития ядернофизических методов анализа.

Ядерная геофизика

М. Г. ЕВТЕЕВ, В. И. ФЕРРОНСКИЙ

Из докладов, обсужденных на секции, можно сделать вывод, что радиоактивные изотопы и источники ионизирующих излучений широко применяются при исследовании многих миллионов погонных метров бурящихся скважин, анализе содержания полезных компонентов сотен тысяч геологических образцов, решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач и других важных практических вопросов поисков и разведки минерального сырья.

О широте применения методов ядерной геофизики свидетельствует тот факт, что только за 1960—1966 гг. изготовлено и передано для серийного производства свыше 4,5 тыс. ядерно-геофизических приборов 25 наименований, позволивших осуществить на практике новые методики.

В системе Министерства геологии СССР созданы специализированные научно-исследовательские организации, разрабатывающие новые методы и аппаратуру ядерной геофизики. Некоторые проблемы изучаются также и в ряде геологических институтов. Апробирование методов на практике и их внедрение на производстве осуществляется тематическими партиями.

В настоящее время ядернофизические методы используются практически на всех этапах поисково-разведочных работ. Значительная часть докладов была посвящена различным аспектам применения ядернофизических методов при исследовании нефтяных месторождений. Отмечалось, что создание различной по своему назначению ядернофизической аппаратуры, например скважинных генераторов нейтронов

(ИГН-1, ИГН-90 и ИГН-4), многоканальной скважинной спектрометрической аппаратуры (СГС-1, СГС-Л), аппаратуры радиоактивного каротажа (ДРСТ-1, ДРСТ-2, ДРСА, РСК-3), позволило добиться определенных успехов в применении этих методов при разведке и разработке полезных ископаемых.

Кроме того, сообщалось, что продолжают научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых приборов. Так, в 1969 г. намечается выпуск каротажного радиометра ДРСТ-3, скважинного малогабаритного генератора нейтронов ИГН-42. Разрабатывается скважинный генератор γ -квантов, который позволит использовать фотоядерные методы при изучении строения пород и их состава по глубине скважины.

В докладах отмечалась особая роль ядерно-физических методов при исследовании скважин, обсаженных стальными колоннами, т. е. скважин эксплуатационного фонда, а также при контроле процесса разработки нефтяных месторождений с поддержанием пластового давления.

Было подчеркнуто, что в последние годы наряду с традиционными методами ядерной геофизики (ГГК, НГК и др.), которые уже вошли в обязательный комплекс промыслово-геофизических исследований нефтяных скважин, начали применяться импульсные нейтронные методы. Эти методы позволили более эффективно определять положение водонефтяного и газожидкостного контактов в скважинах и оценивать характер насыщения коллекторов. Импульсными нейтронными методами уже исследовано более 3000 скважин во всех основных нефтеносных провинциях Советского Союза. В результате их применения только по одному Кулешовскому месторождению в Куйбышевской области получена годовая экономия в несколько сот тысяч рублей.

В докладах также отмечалось, что методы ядерной геофизики в комплексе с промыслово-геофизическими и гидродинамическими методами применяются при контроле за разработкой газовых месторождений и состоянием подземных хранилищ газа. С их помощью оцениваются фильтрационно-емкостные свойства коллекторов, определяется газонасыщенность пластов и контролируется ее изменение во времени. Разработанная методика контроля успешно применена на месторождениях Газли и Шелковском подземном хранилище газа и опробована на других месторождениях.

Часть докладов была посвящена применению ядернофизических методов для исследования

нефтяных месторождений Западной Сибири, Азербайджана, Западного Предкавказья. В этих докладах были освещены результаты проведенных исследований и намечены методические приемы, обеспечивающие решение геологических задач применительно к конкретным геологическим условиям изучаемых месторождений. Так, например, особенности геологического строения нефтяных и газовых месторождений Азербайджана потребовали более детального анализа результатов радиоактивного каротажа и изменения некоторых известных методов исследования.

Проведенные дискуссии показали, что дальнейшее расширение масштабов применения ядернофизических методов при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений связано с необходимостью улучшения некоторых параметров аппаратуры, а также создания нового оборудования и приборов.

Значительная часть докладов была посвящена применению ядерногеофизических методов при поисках и разведке твердых полезных ископаемых.

Было отмечено, что методы радиоактивного каротажа получили широкое распространение при поиске твердых полезных ископаемых. Благодаря выполненным за последнее время исследованиям эти методы нашли производственное применение не только при решении общегеологических вопросов (например, расчленение разреза скважин, определение плотностей пород, литологических разностей и т. п.), но и для подсчета запасов в недрах полезных ископаемых, таких, как флюорит и бериллий.

Различные модификации радиоактивного каротажа применяются для уточнения мощности и строения угольных пластов и определения их зольности, выделения в разрезах скважин и оценки содержания свинца, бария, хрома, железа и др. Разрабатываются методики для определения в скважинах никеля, меди, олова, ртути, вольфрама, молибдена и др. Эти работы осуществляются с помощью скважинной аппаратуры, которая частично уже разработана и выпускается серийно. В ближайшие годы будет освоено производство универсального каротажного спектрометра типа ГКС. Прибор рассчитан на проведение комплекса ядерногеофизических исследований в скважинах глубиной до 1000 м. Для исследований скважин в условиях подземных горных выработок разрабатывается переносный каротажный радиометр РРША-1.

Как известно, основное преимущество ядернофизических методов — возможность непосредственного определения элементного состава горных пород и руд и концентрации промышленно-важных элементов в естественных условиях. Это весьма ценное свойство ядернофизических методов находит применение при опробовании месторождений полезных ископаемых с целью оперативного направления геологоразведочных и эксплуатационных работ. Хотя доложенные на совещании методы находятся в стадии разработки и внедрения, тем не менее они весьма перспективны и заслуживают большого внимания. К таким методам следует отнести селективный гамма — гамма-метод количественного определения содержания железа по стенкам горных выработок, в образцах и пробах (метод был опробован на рудниках Кривого Рога). Метод успешно используется также для экспрессного опробования подземных короткометражных скважин и шурфов на полиметаллических, сурьмяных, железорудных и ртутных месторождениях.

К весьма перспективным методам следует отнести рентгенорадиометрический метод опробования. В последние годы разработана аппаратура и методика для опробования этим методом некоторых тяжелых металлов (например, свинца, олова, ртути, вольфрама, бария, сурьмы).

Для решения сложных геологических задач определения вещественного состава природных объектов в последнее время все чаще используется сочетание различных ядернофизических методов. Начаты опытно-методические работы по применению импульсных нейтронных методов для разведки твердых полезных ископаемых. Получены первые положительные результаты на месторождениях железных руд и активационного каротажа по кислороду на серных месторождениях.

Отмечая определенные успехи в области разработки и использования ядернофизических методов, следует подчеркнуть, что многие важные вопросы при поисках, разведке и отработке месторождений остаются нерешенными или решаются не полностью. Например, еще невелика точность количественного определения содержания в скважинах меди, ртути, алюминия, железа, олова и других металлов.

Необходимо дальнейшее усовершенствование и повышение эксплуатационных качеств ядернофизической аппаратуры, предназначенной для определения вещественного состава (скважинная, рудничная, лабораторная).

Как следует из представленных докладов, значительное развитие получили ядерные методы исследования в гидрологии и гидрогеологии. Потребности в питьевой воде, для хозяйственного водоснабжения и орошения земель быстро растут во всех странах мира. При решении одной из важнейших проблем гидрогеологической науки, связанной с изучением общих закономерностей кругооборота воды в природе в планетарном масштабе, найден весьма эффективный способ исследования, основанный на использовании природных радиоактивных и стабильных изотопов: трития, дейтерия и O^{18} . Проблема решается на основе изучения вещественного состава самой воды. Выявленные закономерные изменения изотопного состава атмосферных, поверхностных и подземных вод позволят определить возраст и происхождение различных типов природных вод. Для датирования подземных вод перспективно также развитие методов, основанных на изучении растворенных в воде природных радиоактивных изотопов Cl^{34} , Be^7 , Si^{32} , S^{35} , Cl^{36} . Результаты измерений содержания изотопов космогенного происхождения в водах с учетом определения соответствующих соотношений стабильных изотопов позволят оценить возраст подземных вод в интервале от десятков до нескольких миллионов и более лет.

На основе изучения изотопного состава природных вод кроме глобальных проблем решаются и многие локальные задачи, имеющие большое научное и практическое значение. В обсужденных на секции докладах отмечалось, что с помощью природного трития и дейтерия удалось оценить скорости водопритока в горные выработки (карьеры, шахты и пр.), исследовать характер и режим обводнения рудных тел и залежей полезных ископаемых, изучить циркуляцию и характер водообмена естественных и искусственных водоемов. Одной из важнейших задач прикладной гидрогеологии является изучение взаимосвязи поверхностных и подземных вод. В этом направлении уже сделаны первые конкретные шаги по разработке методики применения природных радиоактивных и стабильных изотопов. Намечаются совместные исследования этой проблемы организациями Министерства геологии СССР и Главного управления гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, где на базе сети гидрометеорологических и гидрогеологических станций, расположенных в различных геолого-географических условиях, будет изучаться изотопный состав различных типов природных вод.

При изучении природных вод перспективно применение методов, основанных на использовании искусственных радиоактивных индикаторов. Широкий круг задач, связанных с изучением фильтрации подземных потоков, их скорости и направления, оценкой эффективной пористости водонасыщенных пластов, изучением скорости водопритока в горные выработки и карьеры, решается с применением таких радиоактивных изотопов, как I^{131} , P^{32} , Zr^{95} , Cr^{51} , Fe^{59} , S^{35} и др., используемых в виде различных химических соединений.

Особый интерес представляют задачи, связанные с изучением скорости движения потоков в открытых руслах, а также исследование движения наносов в реках и озерах, оценки скорости и количества воды, просачивающейся из водоемов, русел рек, ирригационных каналов, решение которых возможно на основе использования природных радиоактивных и стабильных изотопов.

При инженерно-геологических исследованиях, проводимых с целью обеспечения проектирования и строительства разнообразных сооружений, обоснования гидромелиоративных мероприятий и изучения геодинамических процессов, находят применение методы, основанные на использовании нейтронного и γ -излучений. Наиболее широкое распространение получили методы определения плотности и влажности грунтов с помощью γ -излучений и нейтронов. Разработанные и выпускаемые нашей промышленностью гамма-плотномеры и нейтронные влагомеры начали использоваться при проведении производственных инженерно-геологических работ. При изучении геологических разрезов получили распространение методы радиоактивного каротажа, при стационарных наблюдениях за развитием оползневых процессов — радиоизотопные методы изучения влаги в зоне аэрации, для картирования поверхностных отложений — методы аэро- и наземной гамма-съемки.

Производство изотопов

В. В. БОЧКАРЕВ

На секции было обсуждено 83 доклада, в том числе несколько докладов зарубежных ученых. Научная программа секции охватывала шесть крупных разделов этой комплексной проблемы.

Первое заседание было посвящено получению радиоактивных изотопов в реакторе и циклотроне и выделению их из облученных материа-

Следует отметить успехи, связанные с использованием методов радиоактивного каротажа (ГК, ГГК, ННК), применяемых без предварительной проходки скважин до глубины 30 м для изучения свойств пород и разрезов отложений при инженерно-геологических исследованиях. Совмещение проходки скважин с проведением радиоактивных каротажей путем вдавливания каротажного зонда с помощью специальных установок позволило достичь значительного прогресса в методике и технике инженерно-геологических исследований рыхлых пород.

В настоящее время нашей промышленностью начато серийное производство специально созданной для этих целей пенетрационно-каротажной станции. Эта станция является первой в нашей стране и за рубежом комплексной высокопроизводительной установкой, с помощью которой можно получать информацию о физико-механических свойствах и литологическом строении разреза рыхлых отложений без бурения скважин и отбора образцов пород. На аналогичных принципах создана опытная установка для исследования свойств морских донных отложений в условиях их природного залегания, что является серьезным шагом в развитии морской инженерной геологии. Представленные доклады и проведенные дискуссии показали, что методы ядерной геофизики весьма перспективны для решения различных задач при поисках, разведке и отработке месторождений полезных ископаемых в гидрогеологии и инженерной геологии. Области их применения непрерывно расширяются, а сами методы совершенствуются.

Все усложняющиеся требования геологоразведочной практики выдвигают новые геофизические проблемы. Они могут быть решены путем сочетания различных ядерногеофизических методов и других видов геофизических исследований.

лов и мишеней. Большое внимание уделено методам и технологии получения некоторых радиоактивных элементов — продуктов деления. В докладе Н. Е. Брежневой и Г. В. Корпусова рассмотрена технология комплексного получения из сбросных растворов атомной промышленности килокурyjnych количеств изото-